

RFID 技术的定位算法改进及其在图书馆的应用^①

胡 洋 (广东培正学院计算机 信息管理系 广东 广州 510830)

摘 要: 介绍了无线射频识别技术的基本原理,并简述了基于 RFID 的 LARNDMARC 室内定位系统最近邻居算法,并提出了一种改进算法。通过仿真实验证明了改进后的算法具有更好的定位精度,最后在我校图书馆管理系统中进行应用实践。

关键词: 无线射频识别;室内定位;LARNDMARC 系统;邻近算法

Improvement of Localization Algorithm Based on RFID Technology and Its Application in Libraries

HU Yang

(IT Management Department, Guangdong Peizheng College, Guangzhou 510830, China)

Abstract: The general background and the basic principle of Radio Frequency Identification technology are introduced, according to which the nearest neighbor algorithm for indoor location system LARNDMARC based on RFID is proposed. Some factors influencing the positioning accuracy are taken into account. Moreover, an improved nearest neighbor algorithm is presented. It is proved that this improved algorithm achieves better positioning accuracy than the existing one through simulation.

Keywords: radio frequency Identification(RFID); indoor location; LARNDMARC system; nearest algorithm

目前已经有一些图书馆使用了射频识别(RFID)技术,读者一卡在手,就可自由进出各个借阅室。图书将采用电子数字标签,读者可自动化借还书。自助借还书机以及还书箱的出现,特别是一次可以做多本借还书服务和 24 小时还书服务等功能,大大节省了馆员的工作量和读者等待的时间。但图书自动定位检索还有待于进一步的研究。图书馆的图书定位技术一般有基于 RFID 及 UWB 等技术的定位方法。RFID 定位是一种基于信号强度的定位技术,它使用接收到的信号强度指示(Received Signal Strength Indicator, RSSI)来确定待定位物体的位置。理论上,接收器得到的 RSSI 值可以用各种不同的传播模型所描述的形式获得,是一个接收器和发射器之间距离的函数。不同的定位技术各有不同的优缺点,但是 RFID 由于其独特的非接触性,以及非可视性,这使得它在室内定位中占有优势。

下面简要介绍 RFID 的基本原理,介绍现有的基

于 RFID 的室内定位算法,并提出一种改进的定位算法,最后在图书馆的图书定位检索系统上进行应用和总结。

1 RFID基本原理及技术特点

无线射频识别 RFID 技术是一种非接触式的自动识别技术,其基本原理是利用射频信号和空间耦合传输特性,实现对被识别对象物体的自动识别^[1]。

RFID 系统由标签、阅读器和天线三部分组成。其中标签作为数据的载体存在,阅读器接收来自标签的数据,并进行解码,天线主要作为数据传播的媒体介质。

因为 RFID 是一种利用无线电波的自动识别系统,所以其采用的频率很重要。RFID 主要应用频率有低频、高频、特高频等。目前图书馆实施 RFID 技术多是使用 13.56 MHz 的高频无源标签,目前也只有它有统一的国际标准 ISO 14443 及 ISO 15693^[2]。相对

① 基金项目:广西培正学院校级科研项目(PZ200903126)

收稿时间:2009-08-17;收到修改稿时间:2009-10-20

于其他频段而言，高频技术的读取范围、构成要素、成熟度、全球标准和产品性价比决定了它更加适合于图书馆行业。

2 基于RFID技术的室内定位算法

LARNDMARC 定位算法是一种经典的基于有源 RFID 的室内定位算法，设计的思想是采用额外的辅助参考标签，这些参考标签在该定位系统中作为参考点使用，通过参考点的信号强度值与待定位标签的信号强度值之间的比较，计算出待定位标签的坐标。由于阅读器获取到的相邻标签的 RSSI 也是相近的，所以 LARNDMARC 算法通过比较阅读器接收到的待定位标签与参考标签信号强度值的大小来求得离待定位标签距离最近的几个参考标签，然后根据这几个最邻近参考标签的坐标，并结合它们的权重，用经验公式计算出待定位标签的坐标。LARNDMARC 方法具有较高的定位精度，可扩展性好，能处理比较复杂的环境，是一种实用的定位方法^[3]。

LARNDMARC 系统支持移动和动态的属性，可以更好地完成一些接近实时传感的工作。当然，辅助标签和阅读器摆放的位置对定位的精度有一定的影响。LARNDMARC 室内定位系统采用了一种称为“最邻近距离”的思想^[4]，理论上，当某个待定位标签与参考标签的距离相临近，那么它们在同一个 RFID 阅读器中所获得的信号强度值应该也是相临近的，基于这种思想，以及在实验中得到的一些经验公式，可以求解出待定位标签的坐标位置。求解过程如下(n 个阅读器，m 个参考标签和 u 个待定位标签)：

1) 定义待定位标签的信号强度矩阵为：

$$\vec{S} = (S_1, S_2, \dots, S_n), \text{ 参考标签的信号强度矩阵为: } \vec{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n), \text{ 因此, 它们之间的欧几里德距离为: } E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\theta_i - S_i)^2}.$$

2) 通过求得的 k 个和待定位标签的信号强度最接近的参考标签，可以推算出待定位标签的坐标为：

$$(x, y) = \sum_{i=1}^k \omega_i (x_i, y_i) \quad (1)$$

其中， S_i 表示第 i 个阅读器所获得的待定位标签的信号强度(i=1,2,3,...,n)； θ_i ：表示的是第 i 个阅读器所读取到的参考标签的信号强度； E_j 表示的是它们的

欧几里德距离；(j=1,2,3,...,m)，m 是参考标签数，也是每个待定位标签最多可以具有的 m 个邻居数，即最大邻居数。 E_j 越小表示它们之间的距离越近。L 表示的是第 L 个邻居的权重(L=1,2,3,...,k<m,k 是 m 个欧几里德距离 E_j 中，最小的 k 个邻居)。它是一个经验公式，可以通过公式(2)获得。

$$\omega_i = \frac{1/E_i^2}{\sum_{l=1}^k (1/E_l^2)} \quad (2)$$

通过待定位标签的实际坐标和理论得到的待定位标签的坐标的比较，可以算出它们之间的误差值 $e = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ ，其中(x₀,y₀)表示的是待定位标签的实际坐标位置；(x,y)表示的是理论求得的待定位标签坐标位置。

图 1 为 LARNDMARC 的实验结果，实验中使用了 4 个阅读器、16 个参考标签，以及 8 个待定位标签。计算待定位标签的实际位置和理论所得的位置的误差，得到最大误差为 2 m，平均误差为 1 m，误差范围在 3m 以内。

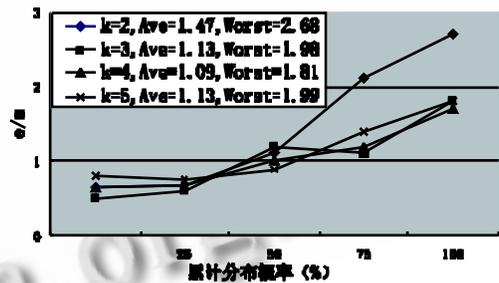


图 1 待定位标签位置误差 e 累计分布函数^[5]

3 对LARNDMARC室内定位系统理论的改进

3.1 改进的算法

从 LARNDMARC 系统的实验结果可以看出：选择的最近邻居数目、实验环境和实验时间、读写器数量、参考标签摆放的位置，这 4 个因素影响了定位算法的精度。在 LARNDMARC 系统中最近数目的选择是通过大量实验得出的，对于每个待定位标签，最近邻居的数目都一样且是固定不变的，这里运用某种算法使最近邻居的数目发生动态变化。对 LARNDMARC 系统的最近邻居算法进行如下改进：将读写器功率等级分为 8 个，针对每个标签(包括参考标签和待定位标签)定义一个 8 位的二进制数，初始时每一位都为 0，

将读写器的功率依次编号为 1-8, 若某个标签在读写器功率等级为 i 时被读写器 j 读到, 就将相应的二进制数的第 i 位置 1。这样将得到 2 个矩阵, 分别对应参考标签和待定位标签。

参考标签对应的矩阵记为

$$R = \begin{Bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1M} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2M} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_{N1} & R_{N2} & \dots & R_{NM} \end{Bmatrix}$$

其中, $R_{ij}(i=1,2,\dots,N,j=1,2,\dots,M)$ 表示第 i 个参考同第 j 个读写器对应的二进制串。

待定位标签对应的矩阵记为

$$O = \begin{Bmatrix} O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1M} \\ O_{21} & O_{22} & \dots & O_{2M} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ O_{N1} & O_{N2} & \dots & O_{NM} \end{Bmatrix}$$

其中, $O_{ij}(i=1,2,\dots,N, j=1,2,\dots,M)$ 表示第 i 个待定位的标签同第 j 个读写器对应的二进制串。选择最近邻居的依据是判断待定位标签同哪些参考标签同时被读到的次数最多, 因此, 将 O 与 R 作逻辑“与”运算, 在运算结果中含有“1”越多说明这 2 个标签同时被读到次数越多, 针对某个待定位标签 Q , 假设为第 i 个($1 \leq i \leq L$), 定义一个 Q 和 R 的逻辑“与”操作, 其结果矩阵 QR 为

$$QR = \begin{Bmatrix} O_{i1} \wedge R_{11} & O_{i2} \wedge R_{12} & \dots & O_{iM} \wedge R_{1M} \\ O_{i1} \wedge R_{21} & O_{i2} \wedge R_{22} & \dots & O_{iM} \wedge R_{2M} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ O_{i1} \wedge R_{N1} & O_{i2} \wedge R_{N2} & \dots & O_{iM} \wedge R_{NM} \end{Bmatrix}$$

$$= \begin{Bmatrix} QR_{i1} & QR_{i2} & \dots & QR_{iM} \\ QR_{i1} & QR_{i2} & \dots & QR_{iM} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ QR_{i1} & QR_{i2} & \dots & QR_{iM} \end{Bmatrix}$$

将矩阵 QR 转换为 QR' , 其中, $QR'_{ij} = \text{GetOneCounts}(QR_{ij})(i=1,2, \dots, N, j=1, 2, \dots, M)$ 表示获得 QR_{ij} 中含有 1 的个数。对矩阵 QR'_{ij} 进行处理, 求其中的最大值, 记为 maxValue , 若 QR' 的第 i 行含有 maxValue , 就将第 i 个参考标签作为定位待定位标签 Q 的最近邻居之一。

3.2 算法的仿真与性能分析

仿真条件同 LARNDMARC 系统一样, 比较 LARN DMARC 系统的最近邻居算法和改进的最近邻居算法可以发现, 后者具有较好的定位精度。图 2 为两者累计误差的情况。

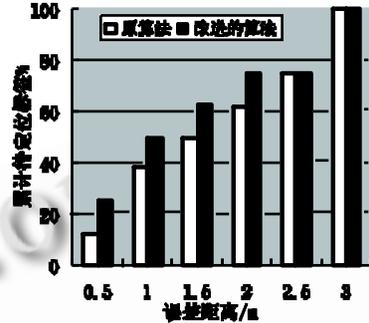


图 2 改进算法与原算法均方根与累计误差比较

4 在图书馆管理系统中的应用

本改进算法在我校的图书馆中得到了应用及测试, 具体使用方法: 首先在图书馆的一些特点位置安放阅读器, 由读者持具有 RFID 功能的借阅卡进入图书馆, 通过手机登陆我校应用 AJAX 技术设计的图书馆网站, 输入读者卡号和需检索的书籍, 待确定书籍名称后, 选择“显示位置”功能, 即可显示出读者及书籍的具体方位, 并显示行走路径(图中为虚线指示)。当读者持 RFID 卡移动时, 读者在图中的位置相应改变, 并自动适应指引读者找到图书。管理员则可以通过移动电脑或 PDA 掌上电脑等设备进行批量处理。系统应用效果如图 3。



图 3 图书定位检索效果

此系统在图书馆管理的应用, 能有效提高读者、管理员对图书的查找定位的精度, 提高查找时间和工作效率, 得到了读者和管理员的好评。

(下接第 162 页)

5 结语

本文在介绍了无线射频 RFID 技术的原理及其应用的基础上,着重讨论了越来越显现优势和受到人们青睐的 RFID 技术在室内定位中的应用。本文提出的对 LARNDMARC 室内定位系统的改进算法使得定位精度有了一个明显的提高。并在图书馆管理系统中得以应用。为以后图书馆管理提升起到了一定的促进作用,也为使用这个算法来确定定位精度更加具有实际意义。

参考文献

1 Hightower J, Borriello G A survey and taxonomy of location systems for ubiquitous computing [2007-10-

20]. <http://seattle.Intel-research.net/people/jhightower/pubs/hightower2001survey/hightower2001survey.pdf>

- 2 中国射频识别(RFID)技术政策白皮书.北京:中华人民共和国科学技术部等十五部委,2006.
- 3 游战清,刘克胜,张义强,等.无线射频识别技术规划与实施.北京:电子工业出版社,2005.3-50.
- 4 孙瑜,范平志.射频识别技术及其在室内定位中的应用.计算机应用,2005,25(5):1205-1208.
- 5 Nilm, Liu YH, Lauyc, et al. LARNDMARC: Indoor locationsensing using active RFID. Proc. of the First IEEE International Conference. Washington DC; IEEE Computer Society, 2003. 407-415.